

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Beton**

Berdasarkan SNI 2847-2013 definisi beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'_c$ ) pada usia 28 hari.

#### **2.2. Bahan Penyusun Beton**

##### **2.2.1. Semen**

Semen *Portland* adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu: trikalsium silikat ( $C_3S$ ), dikalsium silikat ( $C_2S$ ), trikalsium aluminat ( $C_3A$ ) dan tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ ), selain itu pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya:  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $K_2O$  dan  $Na_2O$ . Soda atau potasium ( $Na_2O$  dan  $K_2O$ ) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat sehingga menimbulkan disintegrasi beton.

Unsur  $C_3S$  dan  $C_2S$  merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen, bila semen terkena air maka  $C_3S$  akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur  $C_2S$  bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur  $C_3A$  bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam, semen yang mengandung unsur  $C_3A$  lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap sulfat. Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah  $C_3AF$  sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SII) mengenal 5 jenis semen seperti diuraikan di bawah ini.

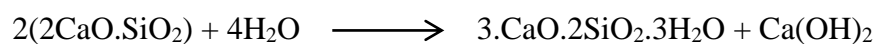
1. Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

Pada Tabel 2.1 dapat dilihat komposisi penyusun semen menurut ASTM C 180-84.

Tabel 2.1 Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84

Semen	Persentase Komponen Penyusun							
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	CaO Bebas	MgO	Hilang Pijar
Jenis I	59	15	12	8	2,9	0,8	2,4	1,2
Jenis II	46	29	6 (≤ 8)	12	2,8	0,6	3,0	1,0
Jenis III	60	12	12 (≤ 15)	8	3,9	1,3	2,6	1,9
Jenis IV	30 (≤ 35)	46 (≥ 40)	5 (≤ 7)	13	2,9	0,3	2,7	1,0
Jenis V	43	36	4 (≤ 5)	12	2,7	0,4	1,6	1,0

Proses hidrasi yang terjadi pada semen *Portland* dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut:



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>H<sub>3</sub> (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas Ca(OH)<sub>2</sub> yang merupakan sisa dari reaksi antara C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S dengan air, kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

### 2.2.2. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, tetapi dalam kenyataan jika nilai faktor air semen kurang dari 35% beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*) agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary pores*) di dalam beton yang sudah mengeras.

### 2.2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat kurang lebih menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat, karena bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam akan menghasilkan volume pori yang besar tetapi bila ukuran butir-butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun

beton diinginkan mempunyai kemampatan yang tinggi, sehingga volume pori dan bahan pengikat yang dibutuhkan lebih sedikit.

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu:

1. batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm,
2. kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm,
3. pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

#### A. Agregat Kasar

Adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 2847-2013). Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik.

Syarat mutu agregat kasar menurut ASTM C 33-02a (2002) adalah seperti tercantum di bawah ini.

- a. Tidak boleh reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton basah dengan lembab atau berhubungan dengan bahan yang reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6 %.
- b. Susunan gradasi harus memenuhi syarat.
- c. Kadar bahan atau partikel yang berpengaruh buruk ppada beton.
- d. Sifat fisika

Sifat fisika mencakup kekerasan butiran diuji dengan mesin *Los Angeles Abrasion*.

#### B. Agregat Halus

Agregat halus dalam beton adalah pasir alam sebagai salah satu agregat yang lolos dari ayakan no.4 (lebih kecil dari 3/16 inchi) dimana besar butirannya berkisar antara 0,15 sampai 5 mm. Pasir dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah,
- b. pasir sungai yang diambil dari sungai,
- c. pasir laut yang diperoleh dari pantai.

Ukuran agregat mempunyai pengaruh yang penting terhadap jumlah semen dan air yang diperlukan untuk membuat satu-satuan beton.

#### 2.2.4. Bahan Tambah

Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixtures* dan *additives*.

*Admixtures* ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Definisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen.

Adapun macam-macam bahan tambah kimia menurut ASTM C 494-82 (1982) adalah seperti dibawah ini.

- a. Tipe A (*Water Reducing Admixtures*)

*Water reducing admixtures* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

b. Tipe B (*Retarding Admixture*)

*Retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

c. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

*Accelerating admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

d. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixture*)

*Water reducing and retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

e. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*)

*Water reducing and accelerating admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f. Tipe F (*Water Reducing High Range Admixtures*)

*Water reducing high range admixtures* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau

lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g. Tipe G (*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*)

*Water reducing high range retarding admixtures* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan.

## **2.3. Beton Polimer**

### **2.3.1. Definisi Beton Polimer**

Beton polimer adalah material komposit, yang matriksnya terdiri atas polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan matriks polimer seperti polimer *epoxy* dan mineral fillernya dapat berupa agregat halus dan agregat kasar. (Nugrahani dkk, 2014)

### **2.3.2. Perilaku Beton Polimer**

Menurut Nugrahani (2014), perilaku beton polimer sifat matrikspolimer seperti polimer termoset dan mineral fillernya. Beton polimer sifatnya



berkekuatan tinggi, tahan terhadap kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pepadatan tinggi dibanding beton portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek waktu proses fabrikasinya, dan memperkecil biaya operasional.

#### **2.4. Resin Epoksi**

Resin *epoxy* atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan struktural, sehingga pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas dan dapat membantu percepatan pengerasan. (Gemert et al, 2004)

*Epoxy* adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy resin Paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta).

Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "curing", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien. (Ghanie, 2012)

## **2.5. Kaca**

Kaca adalah material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari 75% silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), plus  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  dan beberapa zat tambahan. (Hendra, 2014)

Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta dan kota lainnya, limbah kaca setiap hari semakin meningkat volumenya karena banyak kegiatan manusia yang menghasilkan kaca, sebagian besar limbah kaca langsung dibuang ke lahan terbuka, hal ini tentu saja akan mencemari lingkungan mengingat kaca merupakan material yang tidak dapat didaur ulang secara alami oleh alam. (Ayu, 2014)

## **2.6. Beberapa Penelitian Mengenai Topik Penulisan**

Penelitian yang dilakukan oleh Joksan, dkk. (2015) pada beton normal yang ditambahkan resin epoksi dengan proporsi penambahan sebesar 20%, 25%, 30%, 35%, 40% (dengan % berat dari total agregat). Dari beberapa proporsi yang digunakan, hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada perbandingan 65:35% didapatkan kuat tekan 6,80 MPa, dan kuat tarik belah sebesar 1,75 MPa. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beton berumur 24 jam atau 1 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Yulius, dkk. (2015) pada beton normal yang ditambahkan resin epoksi dan abu vulkanik Gunung Sinabung, dimana resin epoksi sebagai material polimer. Benda uji dibuat sebanyak 5 sampel untuk beton polimer dan untuk beton normal 5 sampel dengan variasi: (5% abu + 5% epoksi), (12% abu + 7% epoksi), (25% abu + 10% epoksi) dengan mutu beton normal rencana sebesar 17,50 MPa. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa besarnya kuat tekan yang dihasilkan untuk masing-masing variasi diatas secara berurutan adalah: 14,83 MPa, 22,53 MPa, 25,36 MPa, sedangkan beton normal memiliki kuat tekan sebesar 18,74 MPa. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan kuat tekan beton dapat dicapai dengan menggunakan epoksi lebih dari 5%.

Penelitian yang dilakukan oleh Nugrahani, dkk. (2014) pada beton polimer yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah yang telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan limbah cangkang kerang dan lumpur sidoarjo. Cangkang kerrang dan lumpur sidoarjo dipakai sebagai nanokalsit dan nanosilika yang dipakai sebagai filler pada beton polimer. Dari hasil pengujian diperoleh

bahwa beton polimer dengan komposisi 10% kalsit + 10% silika mendapatkan kuat tekan yang paling besar yaitu 218,39 MPa, kuat tarik 3,32 MPa, kuat patah 8,04 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh Fanisa, dkk. (2013) beton dengan jumlah persentase kaca yang besar lebih dari berat pasir, membuat kuat tekan beton terus meningkat dengan berat yang semakin ringan. Penambahan tersebut membuat workabilitas beton semakin menurun.

Penelitian yang dilakukan oleh Ayu, dkk. (2014) Penambahan tumbukan botol kaca sebesar 2,5 % ini dapat menambah kuat tekan beton sebesar 7,570 % dari kuat tekan beton normal. Namun, penambahan tumbukan botol kaca sebesar 5% akan mengurangi mutu beton sebesar 3,228 %, penambahan tumbukan botol kaca sebesar 7,5% akan mengurangi mutu beton sebesar 11,100 % dan penambahan tumbukan botol kaca sebesar 10% akan mengurangi mutu beton sebesar 20,02 % dari kuat tekan beton optimum.